

УДК 621.762.4:546.261

І. Коваль, Л. Бодрова, Г. Крамар

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ СПЛАВІВ СИСТЕМИ
TiC-VC-WC-NiCr ПРИ СПІКАННІ**

Тверді сплави на основі карбіду титану з нікель-хромовою зв'язкою використовують для заміни вольфрамокобальтових твердих сплавів на операціях обробки металів різанням та тиском. Актуальною задачею у цій галузі є пошук шляхів підвищення їх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей. Підвищення якості таких матеріалів досягається як ускладненням їх хімічного складу – шляхом легування карбідами інших металів, так і використанням нових технологічних підходів у формуванні структури, таких як нанотехнології, термомеханічна обробка та ін. Особливо цікавим є використання в процесі виробництва твердих сплавів нанопорошків та нанотехнологій, які забезпечують поєднання міцнісних та експлуатаційних характеристик на рівні, недоступному традиційним матеріалам.

Основною операцією технологічного процесу виготовлення сплавів, яка формує їх структуру, а відповідно і властивості, є операція спікання.

В роботі проведено дослідження кінетичних закономірностей та процесу масопереносу сплавів системи TiC-VC-NiCr з легуючими добавками дрібнозернистого та нанорозмірного карбіду вольфраму при спіканні.

Спікання сплавів проводили в вакуумній печі СНВ-1.3.1/20ИІ в інтервалі температур $(1000-1400)^{\circ}\text{C}$ з кроком $50-100^{\circ}\text{C}$, час спікання 5, 20, 40, 60 хв. Кінетику процесу спікання досліджували шляхом вимірювання ущільнення сплавів за діаметром спечених зразків. Кінетичні закономірності ущільнення сплавів при спіканні та енергію активації процесу визначали за степеневим рівнянням:

$$\Delta d/d = k \cdot t^n$$

$\Delta d/d$ – усадка сплавів за діаметром;

k, n – константи, що залежать від температури;

t – час спікання.

Встановлено, що для сплавів як з дрібнозернистим, так і нанодисперсним карбідом вольфраму процес спікання відбувається у дві стадії – твердофазного та рідиннофазного спікання. На стадії твердофазного спікання реалізується механізм в'язкої текучості та конденсації, а на стадії рідиннофазного спікання – перекристалізації через рідку фазу та об'ємної і поверхневої дифузії.

Для сплавів з дрібнодисперсним WC на стадії твердофазового спікання при температурі до 1300°C ущільнення відбувається шляхом ТФС за рахунок просторової перебудови карбідних зерен, імовірно, ротаційним перегрупуванням за механізмом в'язкої текучості і конденсації. При температурах $1350^{\circ}\text{C}-1400^{\circ}\text{C}$ спікання відбувається з участю рідкої фази і супроводжується об'ємною та поверхневою дифузією.

Сплави з нанодисперсним WC переважно ущільнюються на стадії твердофазного спікання і в меншій мірі на стадії рідкофазного спікання, що дає змогу одержати максимальну густину сплавів при нижчих температурах спікання.

Таким чином, легування карбідної основи твердих сплавів TiC-VC-NiCr нанодисперсним WC дає змогу знизити температуру спікання до 1350°C і є ефективним способом активування процесу спікання.